

Parece ser que la suspensión del acto importantísimo á que se refiere este artículo, motiva perturbaciones funcionales de diversa índole. Afecta en primer término á la sensibilidad y al movimiento; se han hecho sobre este asunto importantes y numerosas observaciones. Los movimientos, tanto espontáneos como provocados, cesan cuando el oxígeno falta. Dutrochet, Kabsch y algunos otros autores han comprobado este hecho por lo que respecta á la sensibilidad de los órganos reproductores y á los movimientos periódicos; lo mismo sucede con la circulación del protoplasma, con el transporte de los gránulos clorofílicos, con la traslación de los protofitos formados de protoplasma desnudo, etc.

Se observa que una planta verde puede vivir algún tiempo, pero no mucho, si la atmósfera, en vez de oxígeno, contiene ácido carbónico, si actúa además la luz, condición que es indispensable para que la función clorofílica se realice.

La relación entre el volumen de ácido carbónico exhalado y el de oxígeno absorbido ($\frac{C O_2}{O}$) es una cantidad constante para cada planta tomada en un momento dado, pero variable de una especie á otra, y en cada planta en los diferentes órganos. Esta relación, como en los animales, es casi siempre distinta de la unidad; no varía al variar la temperatura, la presión, la intensidad luminosa, etc., aun cuando varíen los dos términos de ella.

Es próxima á la unidad cuando se forma la semilla en los frutos en crecimiento, según Mr. Godlewsky, y quizá también cuando se acumulan las reservas alimenticias; disminuye poco á poco hasta 0'40 y se eleva, adquiriendo su máximo en el momento de la floración, para disminuir en seguida hasta la muerte de la planta.

Siendo $\frac{C O_2}{O}$ próximamente constante, á pesar de los cambios exteriores, la intensidad respiratoria varía extraordinariamente, no sólo con las modificaciones del medio, sino con la edad de la planta y con el grado de desenvolvimiento de los órganos. En los vegetales jóvenes es más intensa la respiración que en los viejos, y en un adulto consumen más oxígeno los órganos nuevos que los antiguos; el máximo corresponde al período de floración, como hemos dicho, y á los órganos masculinos.

La acción de la temperatura sobre el ácido carbónico exhalado y el oxígeno consumido, fué objeto de estudio por parte de Bonnier,

Mangín, Wolkoff y Mayer, Fauconpret, Deherain, Moissant y Rischavi, llegando á deducir que aumenta la producción del ácido carbónico con la temperatura, hasta que ésta llega á hacer imposible la vida del vegetal; es una parábola la curva gráfica de las variaciones que el calor imprime á la absorción del oxígeno.

La luz ejerce su acción sobre el fenómeno respiratorio, hace disminuir la intensidad de éste, siendo en mayor escala el efecto con la influencia del amarillo y del rojo, que son los rayos menos refrangibles del espectro.

Godlewsky ha hecho observaciones respecto á la influencia de la presión; los cambios que ésta opera son proporcionales en el ácido carbónico y el oxígeno.

Todos estos hechos y cuantos más pudiéramos agregar, sólo servirían para hacer ver que el fenómeno respiratorio se halla de tal manera ligado á la vida de la planta que lo aumenta una mayor actividad vital, lo disminuye la pasividad de los órganos. La semilla que germina, llega al máximo de intensidad respiratoria; la semilla privada de condiciones germinativas respira con lentitud tal, que su vida más parece un letargo. Aquella condición que puede juzgarse como la más elevada de la vida orgánica, la sensibilidad, es precisamente la que más sufre cuando el oxígeno falta.

No cabe duda, ante esto, de que la respiración es acto imprescindible en los vegetales como en los animales; que en ambos se opera, en el fondo, de una manera idéntica.

V. — CIRCULACIÓN Y TRANSFORMACIONES EXTERNAS

CIRCULACIÓN. — Sin ella no se conciben los cambios operados en los elementos histológicos todos. Tomando la planta los alimentos del suelo y del aire, dada la extensión del organismo, forzosamente han de caminar por él, como caminan en el interior de los animales; la división del trabajo y el estar los tejidos localizados, son causas que exigen el transporte de las sustancias nutritivas.

Se ha dicho que una vez absorbidos por las raíces los materiales del suelo se formaba un líquido, al que se dió el nombre de *savia*; que la savia ascendía hasta las hojas, de un lado obligada por el empuje de las nuevas cantidades de líquido formadas, de otro

lado favorecida por la capilaridad, y obligada en tercer término por la evaporación del agua en las superficies foliares, lo que producía una aspiración del líquido. Reconocióse en esto la existencia de una *savia ascendente*. Cuando transformada ésta por la función clorofílica y otros actos simultáneos, perdiendo algún tanto de su fluidez, descendía, se la denominaba *savia descendente ó elaborada*.

No puede decirse que esto sea rigurosamente exacto; parécenos más racional seguir el criterio de Vuillemin, estudiando una conducción intercelular, otra conducción vascular y otra cribosa, advirtiendo que cuadra mejor el nombre de circulación.

Ya en la fisiología de la célula vimos como se opera interiormente un transporte de los materiales por medio de las corrientes que en el protoplasma se manifiestan. Estas corrientes no se limitan sólo en la mayoría de los casos á una célula, sino que hallándose á veces las paredes que separan los elementos histológicos perforadas de agujeros, la comunicación intercelular es muy fácil y gracias á ella podrán recorrer todo un tejido los materiales que el protoplasma fabrique ó tome de los plasmas que pasan al alcance de la dialisis.

Transportes intercelulares pueden realizarse también por medio de los espacios denominados *meatus*, que se corresponden ó no, y que á veces forman una verdadera red de canales; pero sólo un limitado número de sustancias suelen emplear tales comunicaciones.

Los laticíferos favorecen en ocasiones la circulación de los materiales nutritivos. Treub ha observado que en las euforbiáceas los canales del látex ayudan la traslación de las sustancias feculentas. Sin embargo, el verdadero aparato conductor le forman dos clases de elementos: los vasos y los tubos cribosos.

La circulación no es en los detalles siempre ascendente ó descendente; es reticulada, lo mismo que en los animales; existen corrientes de ascenso y de descenso, pero las hay también laterales; sólo en conjunto, y refiriéndose á determinadas plantas, pueden emplearse los términos de *savia ascendente* y *savia descendente*.

Por los vasos circula un líquido claro, fluido, lleno de principios salinos, abundante á veces en sustancias azucaradas y albuminóideas, lo que le da cierto sabor dulce, que es más notado en la *savia*

de primavera de algunos árboles; gana la altura de los mayores tallos con un empuje que hace al líquido desbordar cuando se da un tajo á las ramas jóvenes; por este empuje se originan lo que se llama *llanto de las vides* y las exudaciones de *savia* que en algunas epidermis se han observado.

Por los tubos cribosos no circula un líquido fluido, sino una substancia casi pastosa, un verdadero plasma; el movimiento es completamente mecánico; el tubo conductor ejerce una acción pasiva; sólo se regula la marcha por el consumo, y si bien en general es descendente, asciende en muchos puntos, sobre todo hacia las extremidades del vegetal. De la *savia* que por los tubos cribosos circula, las células toman los productos que les hacen falta.

FUNCIÓN CLOROFÍLICA.— Con el influjo de las radiaciones luminosas, las partes verdes de los vegetales absorben el ácido carbónico de la atmósfera y desprenden posteriormente gas oxígeno; entre estos actos aparentes hay un proceso químico que tiene dos términos fundamentales:

- 1.º La reducción del ácido carbónico.
- 2.º La síntesis de los compuestos orgánicos.

El conjunto de este proceso es lo que acostumbra á llamarse función clorofílica.

De la manera como la clorofila actúa, del papel que desempeña en esta vital función, han tratado muchos químicos y biólogos, manifestándose opiniones distintas.

La generalidad de los autores convienen en que es en los corpúsculos clorofílicos donde se opera la reducción del ácido carbónico.

Timirianeff compara, á nuestro modo de ver con muy buen juicio, la acción de la clorofila á la de los sensibilizadores fotográficos; en ambos casos el excitador son las radiaciones luminosas y el resultado la descomposición de un cuerpo. La semejanza aparece mayor con ciertos experimentos de Becquerel, empleando como sensibilizador la clorofila con el colodión. El *pigmentum* verde desaparece también y se regenera incesantemente, como ocurre á ciertas sustancias orgánicas muy sensibles á la luz, por ejemplo al *pigmentum* de la retina, que parece enlazar con su especial fun-

ción química á los sensibilizadores fotográficos con la clorofila de las plantas.

Pringsheim no atribuye á la clorofila la misma misión; Ray Lankester conviene con aquel autor en el mismo punto. Ambos creen que el verdadero agente de la reducción y de la síntesis es el protoplasma y que el pigmentum verde tiene tan sólo la misión de absorber las radiaciones luminosas y disminuir la intensidad de los fenómenos respiratorios que pudieran entorpecer aquella labor química del protoplasma. Ray Lankester, en apoyo de esta opinión, cita el hecho de que, á pesar de no tener clorofila, el protoplasma de los esquizomicetos es capaz de descomponer el acetato de amonio y combinar el carbono, el nitrógeno, el hidrógeno y el oxígeno formando un compuesto albuminóideo.

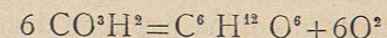
De predominar la manera de ver de los dos autores mencionados, varía algún tanto la explicación del fenómeno reductor y sintético que entraña la llamada función clorofilica; en vez de ser el pigmentum verde un agente activo, es un agente pasivo, que aun cuando por la acción de la luz se descompone, esta descomposición es independiente de la presencia del ácido carbónico y sólo depende del fenómeno respiratorio. La destrucción de la clorofila se operaría de un modo semejante á como se opera la destrucción del pigmentum retiniano en los animales superiores.

Es necesario no olvidar, por otra parte, lo que el pigmentum clorofilico es; no se trata de un compuesto independiente del protoplasma sino que es derivado de éste; los leucitos activos (págs. 60 y 61), que á veces son incoloros, pueden motivar la formación de hidratos de carbono aun antes de ser cloroleucitos, y este hecho viene en apoyo de la opinión de Pringsheim, concediendo la energía inicial al protoplasma y pareciendo señalar que el pigmentum es solamente un auxiliar de la función.

De ser así, es indudable que el fenómeno de la nutrición de los vegetales verdes se simplifica extraordinariamente; se unifica más la fisiología de las plantas, que parecían divididas en dos grandes secciones con funcionalismo distinto según tuvieran ó no clorofila; queda en pie el soberano influjo del protoplasma, y el pigmentum recobra el papel de un auxiliar en vez de ser el fundamento de la asimilación del carbono. Gana también con esta opinión la unidad

del plan biológico, pues la diferencia entre el funcionalismo del protoplasma vegetal y el animal es muy relativa.

Al reducirse el ácido carbónico, se inicia una serie de cambios químicos que dan por resultado la síntesis orgánica; créese por la casi totalidad de los botánicos modernos que se forman primero carburos de hidrógeno según la fórmula siguiente:



interviniendo los elementos del agua y desprendiéndose en gran cantidad el oxígeno.

Sachs cree que la síntesis química produce tan sólo hidratos de carbono, especialmente almidón; que este almidón se hace soluble inmediatamente transformándose, y atraviesa las paredes de la célula, caminando así hasta acumularse en los órganos en que generalmente se le encuentra almacenado. Observa aquel ilustre fisiólogo que durante el período de vegetación más activa, el parenquima en las nerviaciones y en el pecíolo de las hojas, en el tallo y hasta en las yemas contiene constantemente almidón y deduce de esto que en aquel parenquima la substancia amilácea está de paso.

Hay ocasiones en que los corpúsculos clorofilicos contienen grasa en vez de almidón; en este caso, Sachs piensa que se formó primero la fécula, pero luego ésta se transformó en grasa.

No puede decirse que el fenómeno de la síntesis orgánica sea conocido; por esto autores distintos han emitido diferentes pareceres. Hay quien cree que en la función clorofilica no se produce directamente el almidón, sino otro hidrato de carbono, la glucosa.

Gautier admite dos estados del pigmentum clorofilico, que se diferencian en la proporción que contienen de hidrógeno, la que llama *clorofila blanca* y la *clorofila verde*; la primera más rica en hidrógeno y, por lo tanto, dotada de un gran poder reductor; cuando sobre ella obra el ácido carbónico, se torna verde; fórmanse como cuerpos intermediarios el ácido fórmico y el aldehído metílico. El ilustre químico francés afirma que todos los cuerpos orgánicos ternarios, por el simple mecanismo de la desoxidación por la clorofila, que se activa según la influencia de los rayos luminosos, pue-

den formarse de las diversas asociaciones de agua y ácido carbónico que el protoplasma deja penetrar.

Lanessán se inclina á admitir, y en esto difiere de las doctrinas de Sachs y de Gautier, que la síntesis química operada en las hojas tiene por resultado final la producción de sustancias albuminóideas solubles.

Pringsheim, que, como antes hemos dicho, sólo acepta para la clorofila una misión pasiva, opina que el producto primero formado en los corpúsculos clorofílicos es la hipoclorina, única que existe en las plantas que germinan.

Nos parece muy fundada la opinión de Lanessán; es la misma que manifiesta aceptar el distinguido botánico español Sr. Lázaro é Ibiza en su pequeño *Manual de Botánica* cuando dice: «La formación de los hidratos de carbono no es la única síntesis química que se produce en las hojas de la planta, sino que existen otras que dan por resultado la formación de compuestos más complicados. Así, entre el nitrógeno que bajo la forma de sales amoniacaes y de nitratos lleva la savia ascendente y los hidratos de carbono, se producen unos compuestos cuaternarios (constituídos por los cuatro elementos carbono, hidrógeno, oxígeno y nitrógeno) del grupo que los químicos llaman *amidas* (asparagina, leucina, tirosina, etc.), las que á su vez producen por síntesis con el azufre, ó con el fósforo, que han penetrado bajo las formas de sulfatos y fosfatos respectivamente, otros compuestos de cinco elementos los más complicados que conoce la química, que son los llamados cuerpos protéicos, cuya mezcla constituye el protoplasma, base de toda organización animal ó vegetal.»

Claro es que no puede detenerse la síntesis en los hidratos de carbono, puesto que las sustancias cuaternarias son bastante frecuentes en el organismo vegetal y se encuentran también todo género de compuestos intermediarios; es, no obstante, muy difícil precisar los términos concretos en que la síntesis se verifica.

Dadas las pruebas que todas las funciones nos proporcionan de que preside un común procedimiento á la fisiología vegetal y á la de los animales, podemos buscar en ésta la comprobación, ó por lo menos indicaciones, de lo que observamos en aquélla, cuando los puntos no se hallan bien precisados.

En la fisiología animal los productos ternarios se forman por desasimilación de las materias albuminóideas; así nace la sustancia glicógena, así aparecen grasas y azúcares; ¿no puede el hecho repetirse en los vegetales? ¿Serán el almidón y los cuerpos ternarios hidrocarbonados, productos de desasimilación, como Lanessán sostiene?

Entre la doctrina corriente, sostenida por Sachs, la de Gautier que difiere bastante y la que Lanessán ha formulado, me inclino hacia esta última. Hay que convenir en que las tres son hipotéticas, en que la química biológica ha de ser quien incline, con sus crecientes progresos, el fiel de la balanza en pro de unos ó de otros juicios; por mi parte siempre acepto con preferencia las explicaciones que en vez de ahondar el dualismo biológico de antiguo aceptado, lo borran unificando; con este criterio creo aproximarme más á la verdad.

Además, para considerar á los hidratos de carbono como productos de desasimilación, basta asignar á la clorofila un papel pasivo, el que todos los pigmentos orgánicos tienen, no admitiendo que obre como elemento substancial, sino como auxiliar del protoplasma.

Parece que en este asunto de la síntesis no debiéramos inspirarnos en lo que sucede respecto á los animales, porque ha sido materia corriente creer que la síntesis era exclusiva del mundo vegetal. No participa la fisiología moderna de esta opinión; por el contrario, concédese á la síntesis en el organismo animal una misión de grande importancia. Citaremos en tal asunto la competente opinión de Beaunis.

Dice este autor: «Tienen (las síntesis) probablemente un valor fisiológico muy elevado si, como todo inclina á creer, intervienen en la transformación del azúcar de uva en sustancia glicógena, en la formación de la lecitina, en la producción de la grasa, en la de la hemoglobina y de la generalidad de las sustancias albuminóideas, por consecuencia en la formación de las sustancias orgánicas más complejas.»

De un modo artificial se ha llegado á sintetizar ciertos cuerpos albuminóideos. Grimaux, calentando dos horas á 130° el anhídrido del ácido aspártico con la mitad de su peso de úrea, obtuvo una

substancia con todos los caracteres generales de las protéicas.

En los organismos inferiores, que son el punto de partida de animales y de vegetales, los productos de aquella índole se forman de un modo sencillísimo. Pasteur, Nægeli y Raulin han probado que determinados esquizomicetos y otros vegetales desprovistos de clorofila, se nutren á favor de principios sumamente sencillos y logran con ellos la constitución de los albuminoides. Autores hay que llegan á la fórmula de la albúmina de un modo sintético, partiendo de la asparagina, que es un cuerpo bastante abundante en los vegetales.

Puede la Ciencia no haber dicho su última palabra, pero los datos conocidos permiten sostener con igual derecho con que la opinión opuesta se sostiene, que, lo mismo en vegetales que en animales, se opera por síntesis la formación de sustancias albuminóideas cuando los alimentos no las proporcionan, y del desdoblamiento de aquéllas resultan cuerpos ternarios que pueden considerarse como productos desasimilados. En los animales domina la alimentación carnívora, por tanto es la síntesis menos activa; en las plantas, por el contrario, domina la alimentación mineral y la síntesis es fenómeno ordinario; pero ya hemos visto que en éstas hay digestión de albuminoides, y entre aquéllos la síntesis no deja de ser frecuente. El tiempo y el progreso de la Biología, que no cesa, se cuidarán de aclarar estos hechos importantísimos de la vida.

VI. — EXCRECIONES

La absorción y los fenómenos internos que motiva, tienen por fin la *asimilación*. Pero, así como el vegetal absorbe sustancias y movimientos vibratorios, durante su vida pone en libertad unas y otros, constituyendo la función general, opuesta á la primera, que recibe el nombre de *desasimilación*.

No pueden precisarse mucho los hechos que corresponden á la excreción, puesto que no se hallan bien definidas ciertas sustancias, que por unos se consideran como productos desasimilados y por otros no. En los vegetales precisamente, en que no aparece del todo clara la misión de algunos principios ternarios, es todavía más confuso el problema.

Pérdidas de substancia experimentan las plantas de continuo; cuando determinados órganos, en vez de útiles, resultan perjudiciales, se desprenden; cada año pierden sus hojas muchos árboles; otros arrojan la corteza resquebrajada; algunos hasta eliminan anualmente ramas enteras, sufriendo una especie de poda natural, y así sucesivamente citaríamos numerosos casos de verdaderas excreciones de órganos.

En las células, en lo íntimo de los tejidos, la desasimilación es forzosa; no pueden quedar retenidas las sustancias que en el trabajo del protoplasma se originan y no tienen inmediata aplicación. Esta función es general, pero puede también localizarse en un tejido especial, en un órgano que recibe el nombre de glándula y de excreción el acto que realiza; respecto al tejido secretor, recuérdese lo dicho en las páginas 120 á 125.

La palabra excreción tiene una amplitud muy distinta según los autores. En su *Biología*, Vuillemin trata, en el capítulo de las excreciones, á la vez que de la desasimilación de sustancias, de lo que llama excreción de los movimientos vibratorios y de los movimientos provocados y espontáneos que en otro lugar hemos incluido. En cambio, hay otros autores que apenas se ocupan de la excreción.

Entre las excreciones, como en la absorción, admitiremos que el hecho puede referirse á las sustancias y á los movimientos.

EXCRECIÓN DE SUSTANCIAS. — La excreción de sustancias puede ser de gases y de líquidos; movimientos vibratorios apreciables al termómetro, ó sensibles por el órgano de la visión, también eliminan las plantas, é indicaremos alguna cosa respecto á la producción de calor por éstas y al fenómeno de la fosforescencia.

La excreción de gases es un fenómeno muy general que se opera por simple ósmosis al través de las membranas en la superficie de la planta, y en el interior favorecida por la existencia de espacios intercelulares. El principal gas exhalado es el ácido carbónico, producto de la respiración; síguete el oxígeno, que en tan gran cantidad se desprende durante el día.

El agua escapa por la superficie de las plantas en forma de vapor y en respetable cantidad, según comprobó Van Tieghem,